

ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ СТАЛИ 20 ПОСЛЕ РАВНОКАНАЛЬНОГО УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ

Прохоров Д. В.¹

Руководитель – к. т. н. Печина Е. А.²

¹Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, p_dm_87@mail.ru

²Физико-технический институт УрО РАН, г.Ижевск, el_pechina@mail.ru

В последние годы использование методов интенсивной пластической деформации (ИПД) для получения объемных наноструктурных материалов и сплавов с ультрамелкозернистой (УМЗ) структурой становится одним из наиболее актуальных направлений современного материаловедения. Подвергнутые ИПД металлы и сплавы обладают новыми физико-химическими свойствами, что и вызывает появление новых функциональных свойств и расширяет область их применения [1].

Как известно, низкоуглеродистые стали широко применяются в промышленности в различных строительных конструкциях и крепежных изделиях. С целью изучения влияния ИПД и последующего термического воздействия на свойства и структуру выбрана сталь 20, как наиболее распространенная марка стали этого класса. Для проведения ИПД выбран метод РКУП-конформ, заключающийся в равноканальном угловом прессовании длинномерных заготовок длиной до 15 м. Схема представлена на рис.1. В данной работе исследования ст20 проведены на прутке с квадратным поперечным сечением 10 мм.

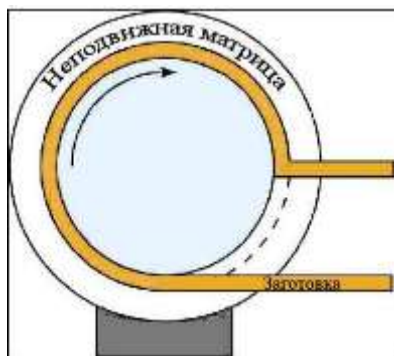


Рис.1. Схема РКУП-К.

Термостабильность структуры и свойств после ИПД изучена: а) с помощью метода дифференциально-сканирующей калориметрии (ДСК) при проведении первого и второго нагревов после охлаждения образца; б) по данным изменения микротвердости, рентгеноструктурного анализа и металлографии после низкотемпературных кратковременных нагревов. Сверхпластичность стали после ИПД исследована с помощью механических испытаний на одноосное растяжение при температурах до 450°C и скоростях деформации от 10^{-2} до 10^{-4} с⁻¹. Вид образца для испытаний на растяжение представлен на рис.2. Растворение и выделение углерода определяли по изменению параметра кристаллической решетки α -раствора по данным рентгеновской дифракции. Изменение микроструктуры (размер, морфология структурных составляющих) анализировали на травленных шлифах стали 20 и УЗ до и после ИПД методом оптической микроскопии на Neophot 3.

Неоднородность деформации оценена измерением микротвердости на приборе ПМТЗ.



Рис.2. Вид образцов для механических испытаний ($l=26\text{мм}$, $d=4\text{мм}$).

Таким образом, в настоящей работе можно сформулировать следующие выводы.

На ДСК-кривых (рис.3) замечено неодинаковое изменение кривых первого и второго нагревов, что можно объяснить многостадийным процессом релаксации УМЗ-структуры при нагреве. Это связано с растворением углерода, переходом неравновесных границ в равновесное состояние и снятием упругих напряжений кристаллической решетки, что наглядно показывают пики поглощения и выделения тепла на калориметрических кривых.

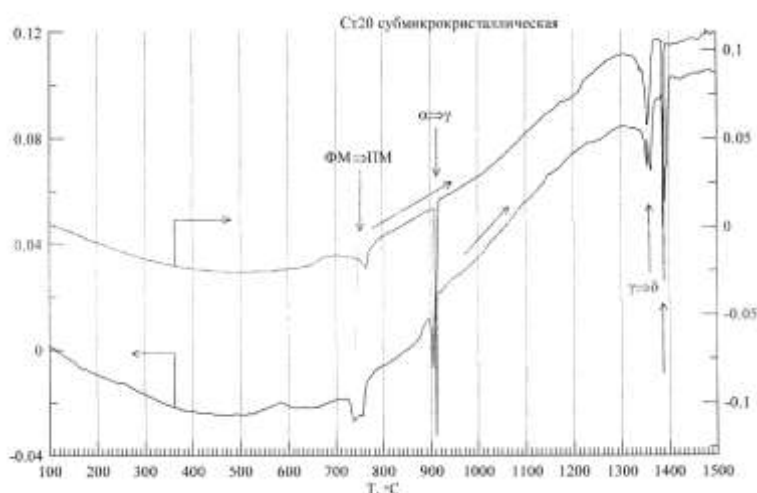


Рис.3. Результаты ДСК Ст20 после РКУП-К.

Показано, что в результате ИПД стали Ст20 и стали УЗ по данным металлографии деформированных образцов происходит формирование однородной мелкодисперсной (типа «вихревой») структуры (феррит + перлит) с размером зерна менее 1 мкм.

Выявлено, что с увеличением степени деформации ИПД Ст20 происходит изменение размера зерен, о чем свидетельствуют изменение интенсивности и уширения дифракционных линий, а незначительное смещение пиков в сторону малых углов свидетельствует об увеличении параметра кристаллической решетки, обусловленное растворением атомов углерода в ферритной матрице.

Обнаружено формирование неоднородной структуры после ИПД по данным измерения микротвердости, обусловленное процессом протекания неоднородной деформации (образование полос деформации) по объему образца при прохождении через матрицу.

Измерение микротвердости Ст20 и УЗ до и после нагрева при 200 и 400°C показало ее уменьшение на 40% и 20% соответственно, уже после 15 мин. выдержки, что обусловлено протекающими процессами релаксаций структуры в

ходе нагрева, а именно переходом неравновесных границ зерен в равновесное состояние и выделением углерода из твердого раствора.

При механических испытаниях обнаружена аномальная прочность у деформированного образца при комнатной температуре (рис.4, 5). По сравнению с исходным состоянием предел прочности увеличился в 2 раза, предел текучести на 600 МПа по сравнению с не деформированными образцами, относительное удлинение уменьшилось до 5,2%.

При растяжении с нагревом при 400°C и скорости деформации 10^{-2} с^{-1} выявлен эффект сверхпластичности - образование плато текучести у Ст20, что обусловлено наличием в стали 20 УМЗ-структуры после ИПД.

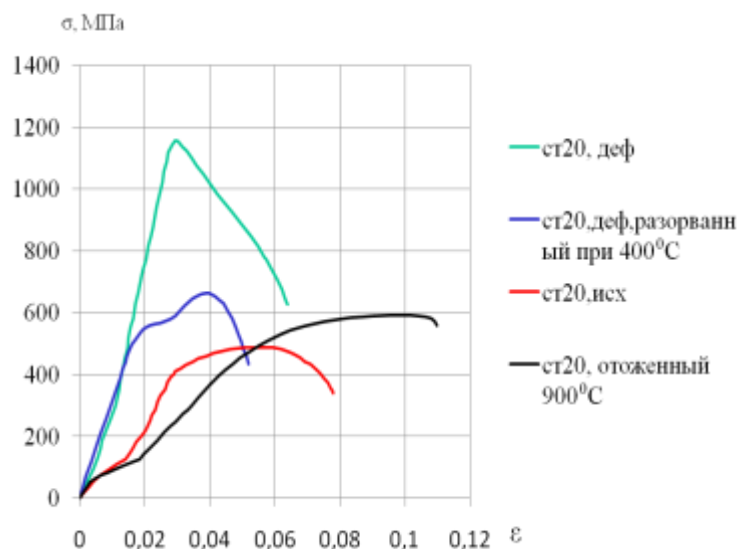


Рис.4. Механические свойства Ст20 при растяжении.



- а - РКУП-К
- б - РКУП-К (растяжение при 400°C)
- в - отожж. 900°C
- г - исх.

Рис.5. Вид образцов после растяжения.

[1] Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. – 398 с.

Авторы очень признательны коллективу Института физики перспективных материалов – УГАТУ (г. Уфа) за оказанную помощь в освоении методов ИПД.